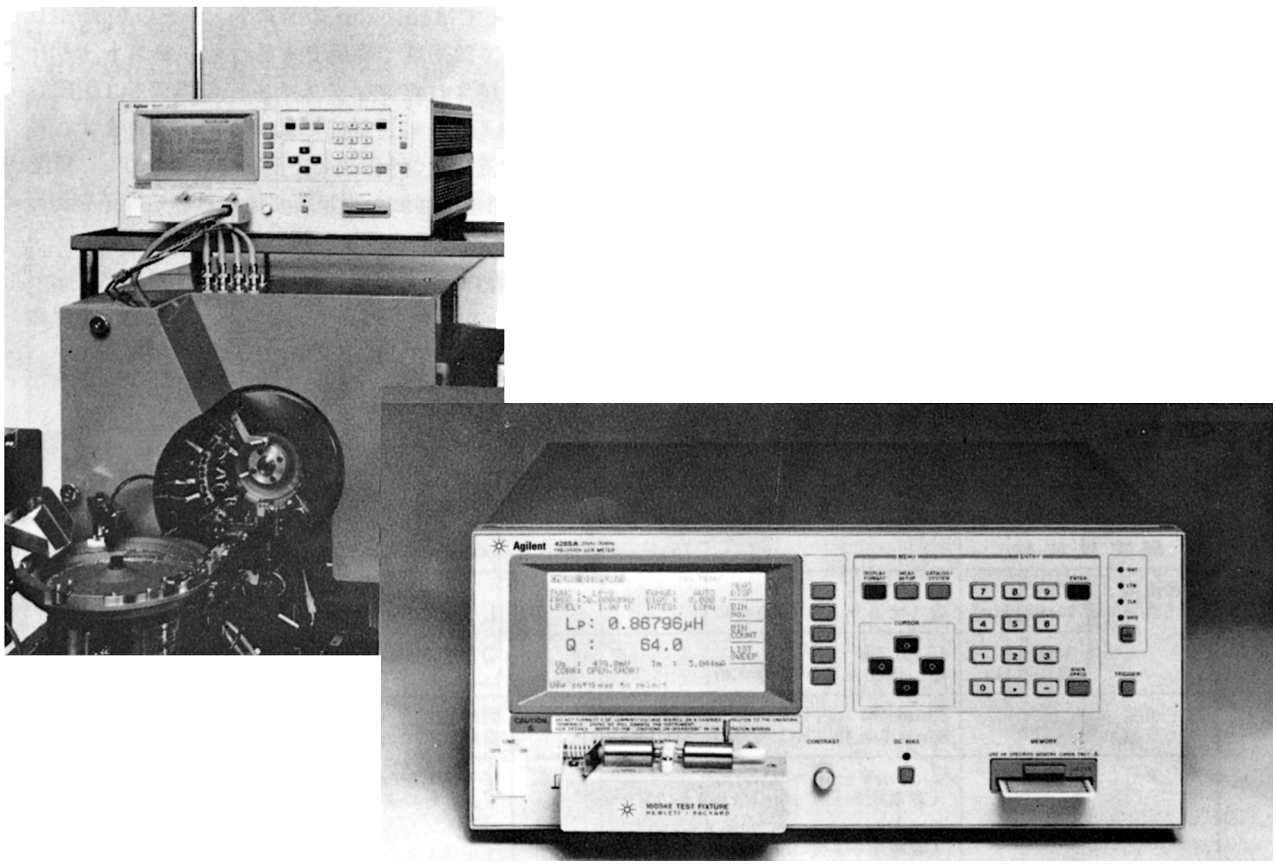
Agilent
4285A プレシジョン LCR メータ

製造・品質管理部門における
RF コイルの高確度・高速選別

アプリケーション・ノート 369-10



Agilent Technologies

はじめに

VTRなどの電子機器に使用される高周波数用インダクタ、RFコイルは、他の電子部品と同様に小型化、ローコスト化、高品質化の要求が強まっています。このアプリケーション・ノートでは、**Agilent Technologies** 4285Aプレシジョン LCR メータを用いることにより、RFコイルの測定・選別段階で、大幅なローコスト化、高品質化を実現する方法と、その具体例である高確度・高速L-Q測定/選別システムをご紹介します。

今までの問題と4285Aによる解決

1) 高確度、しかも高速測定

今までのLCRメータにより微小インダクタンスを測定する時には、インピーダンスが小さいため、測定値の再現性が悪く、一方、測定インピーダンスを大きくするために測定周波数を数MHzに上げると、LCRメータ自体の測定確度が落ちてしまうという問題がありました。

4285Aは、MHz帯でも0.5％のL測定確度、しかも測定速度30 msで、今までにない高速高信頼選別を行なうことができます。

また、高いQ値をもつコイルの測定には、共振法でL-Q測定を行う自動同調Q測定用ユニット、42851Aプレシジョン Q アダプタを併用することにより、Q測定確度5％のQ選別が可能です。測定時間と操作の熟練を要したQメータにとってかわり、大幅な信頼性向上、自動化がはかれます。表1に4285Aの主な仕様を示します。

2) 測定条件を任意に設定

一般的に、RFコイルは多品種生産である場合が多く、また測定周波数は、そのインダクタンス値に応じてkHz帯からMHz帯に及びます。

4285Aは、75 kHzから30 MHzの測定周波数を1台でカバーし、JISやMIL規格C-15305Eで規定された周波数 (79.6 kHz、252 kHz、769 kHz.....25.2 MHz)も設定できるため、多種のコイルの測定/選別に対応できます。

また、コイルのインダクタンスやQの測定値は電流依存性があるため、L-Q測定では測定電流レベルを規定する必要があります。ところが、Qメータでは測定信号レベルを任意に変えることができず、また今までのLCRメータでも信号レベルが電圧で設定されることが多く、測定信号を電流レベルで設定したいコイルの測定には不向きでした。4285Aは、電流値でレベルを設定でき、ALC(自動レベル調整機能)を用いた定電流測定も行えます。42851Aを併用した場合は、電圧で信号レベルを設定し、電流モニタによって試料に流れる電流値を確認できます。

3) システム対応の強力誤差補正機能、ハンドラ・インタフェース(オプション)

今までのLCRメータでは、測定ケーブルを使用できる周波数が15 MHz程度に制限され、システムに組み入れたときには、メータ本体の仕様が充分達成されないことが多くありました。

4285Aでは1 m、2 mのテスト・リードが30 MHzまでの全周波数帯域で使用できるうえ、テスト・リードの先に接続されたフィクスチャ部の誤差をOPEN/SHORT/LOAD補正機能によって補正できます。補正は、任意に周波数点を設定して実行できるため、MIL、JIS規格等で規定された測定周波数において補正を実行し、正確な測定を行なうことができます。

また、内蔵のコンパレータやハンドラ・インタフェース(オプション)を用いると、ハンドラと組み合せた測定/選別システムの設計が容易に行えます。

表1　4285Aの主な仕様

		4285A(標準)	4285A(OPT.4285A-002)+42851A
測定方法		自動バランス・ブリッジ	共振法(自動同調)
測定周波数		75 kHz ～ 30 MHz,100 Hz分解能	
基本確度(代表値)	10 mH @100 kHz	L:0.18% Q:± 5%　　@Q=30	L:± 3.5% Q:± 5%@Q=5 ～ 100
	1 μ H @10 MHz	L:0.3% Q:± 10%　　@Q=30	
測定速度(代表値)		30 ms(@INTEG TIME SHORT) 65 ms(@INTEG TIME MEDIUM)	同調固定モード:75 ms 自動同調モード:75 ms ～ 1.5 s
測定信号レベル		V:5 mVrms ～ 2 Vrms (定電圧モードで10 mVrms ～ 1 Vrms) I:200 μ Arms ～ 20 mArms) (定電圧モードで100 μ Arms ～ 20 mArms) V、Iモニタ可能	V:≦ 1.0 Vrms、可変 V、Iモニタ可能

高確度・高速測定システムの例

ここでRFコイルの生産ラインにおけるL-Q測定/選別システムの構成例、およびシステム設計のテクニックをいくつかご紹介します。
4285AでLおよびQを測定し、その値を4285A内蔵コンパレータによってBIN選別するシステムを図1に示します。ここでは、以下の機器を使用しています。(詳しくはページ「付録1」のオーダ情報をご参照ください。

■4285Aプレシジョン LCR メータ
　オプション4285A-201ハンドラ・インタフェース付き

■16048Aテスト・リード(1 m、BNCコネクタ)

■ハンドラ・インタフェース・ケーブル
　アンフェノール36ピン(オス)のコネクタのケーブルをご用意ください。

■ハンドラ(4285Aオプション4285A-201対応)
　4285A本体の持つ性能を損うことなく、しかも高速に選別を行えるシステムを設計するためのポイントを以下に示します。

1)　ケーブルの接続

4285Aの測定端子をハンドラの試料コンタクト近くまで延長するは、アジレント・テクノロジー製テスト・リードをご使用ください。4285Aで使用可能なケーブルには、1 mケーブルと2 mケーブルがあります。ケーブルを接続後、ケーブル補正を行い4285A内部のメモリにケーブルの特性を記憶させます。その後、特性データを有効にするためケーブルの長さを所定の値に設定します。(図3の(A))。

2)　試料コンタクト部

16048A等のアジレント・テクノロジー製テスト・リードは、4285Aの測定端子の4端子対構成をそのまま延長しています。テスト・リードの末端をコネクタ・プレート(部品番号16032-60001、16048Aに付属)で図2のように接続した先は、残留インピーダンスや外来ノイズの影響を受けやすくなるので次のような注意を要します。

・外来ノイズの影響等を軽減するため、延長リードのシールド導体を図2のようになるべく試料コンタクト点に近いところで接続する。
・残留インダクタンスを軽減するため、延長リードを極力短くする。
・残留インダクタンスが変化しないようにするため、延長リードや試料コンタクト部はなるべく長さや形が変化せず、震動等にも耐えうるようにする。

4285Aは安定なインダクタンス測定が行なえますが、試料のインダクタンスが小さい場合は、むしろ、試料コンタクト部の再現性が測定値のバラつきに影響することが多く、上記の注意を十分考慮する必要があります。

3)　補正

4285Aの強力な補正機能により、延長リード、コンタクト部等の残留インピーダンスを補正し、正確な試料のインピーダンス(L、Q)が測定できるようにします。

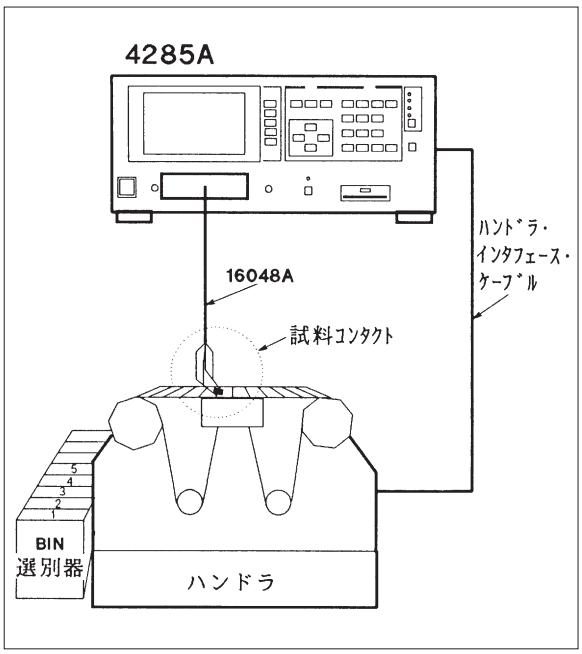


図1　高確度・高速L-Qシステムの例

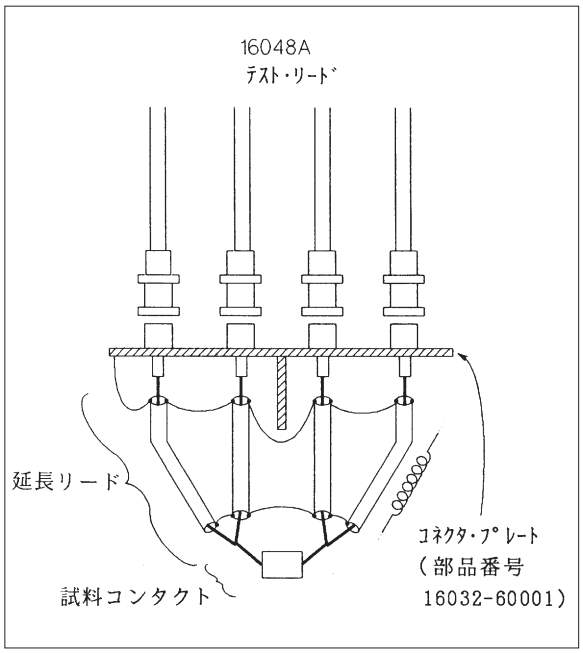


図2　試料コンタクト

OPEN/SHORT/LOAD補正は、実際の測定で使用する周波数で実行します(図3の(B))。4285Aは、MIL規格C-15305Eで規定された周波数点などを最大7点まで補正周波数として設定できます。

図4に示すように、OPEN補正は、試料を接続しない状態で実行し、浮遊アドミタンスを補正します。

SHORT補正は残留インピーダンスの補正を行ないますが、L、Q測定への影響が大きいので、慎重にコンタクト同志を(できれば直接)接触させて実行します。

延長リードが長い、コンタクト部が複雑等の場合には、OPEN/SHORT補正だけでは残留インピーダンスを取り切れない時があります。このような場合には、OPEN/SHORT補正に加えてLOAD補正を実行します。値がわかっているワーキング・スタンダードを用意し、その値(L-Qの値など)を入力し(図3(C)と(D))、試料のかわりにワーキング・スタンダードを接続してLOAD補正を実行します。

ワーキング・スタンダードを4285Aおよび42851Aに直接接続して実際の測定周波数や信号レベルにおいて測定した値を、ワーキング・スタンダードの基準値として用いることもできます。この場合は4285Aに直結型テスト･フィクスチャ(16047C、16034Eなど)を接続してワーキング･スタンダードを測定したときのL値、4285Aに42851Aを接続して、ワーキング・スタンダードを測定したときのQ値を、基準値として入力します。(測定信号レベルの設定は、4285A単体の場合と、42851A併用の場合で電流信号レベル・モニタ値が同じになるようにする必要があります。)

4) 測定条件、コンパレータの設定

測定周波数、測定信号レベルなどの測定条件やコンパレータの条件をそれぞれ設定します。

図5では、コンパレータの条件は、L値によってBIN1からBIN9まで、さらにQ値によってGO/NO-GOをふりわけています。

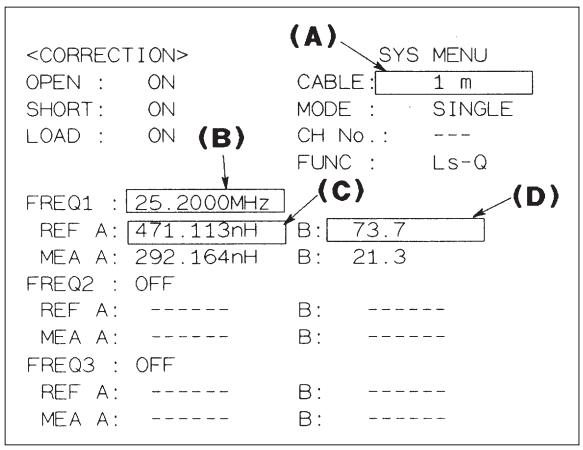


図3　補正機能の設定

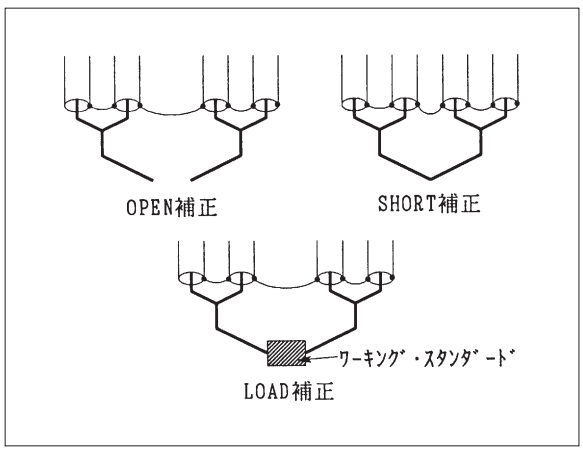


図4　補正の実行

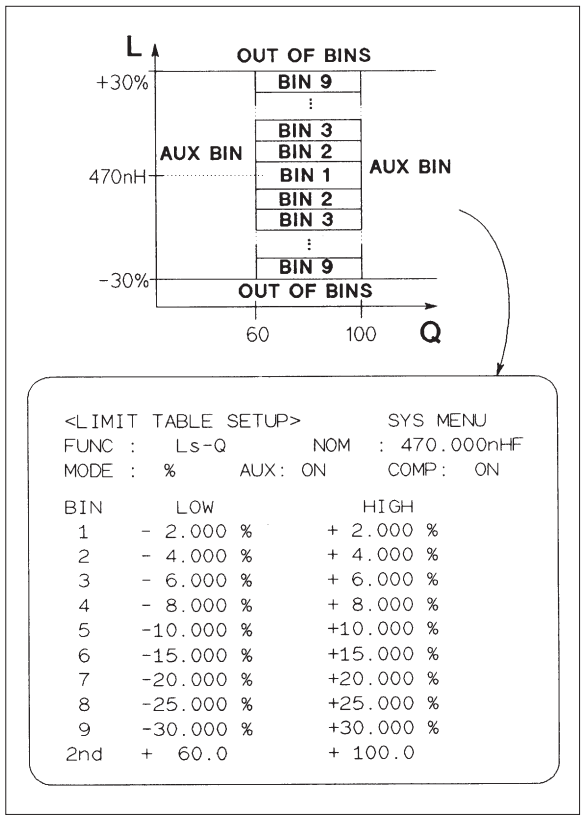


図5　コンパレータの設定

5) インタフェースのタイミング設計

4285A オプション 4285A-201 ハンドラ・インタフェースはハンドラからのトリガ信号(/EXT-TRG)を入力し、測定終了の信号(/INDEX)、コンパレータ判定終了の信号(/EOM))、BIN 選別結果のデータ(/BIN1 ～/BIN9 など)を出力し、ハンドラと 4285A の測定のタイミングをを調整できます。入出力信号は、外来ノイズ対策のためフォト・アイソレートされており、出力信号はオープン・コレクタ出力となっています。図 6 に、4285A とハンドラのインタフェースのタイミング・チャートの例を示します。この例では 1 つの試料にかかる測定・選別時間の概算は

(測定時間(30 ms、@INTEG SHORT)－演算・比較時間)
＋ハンドラの試料移動および選別時間

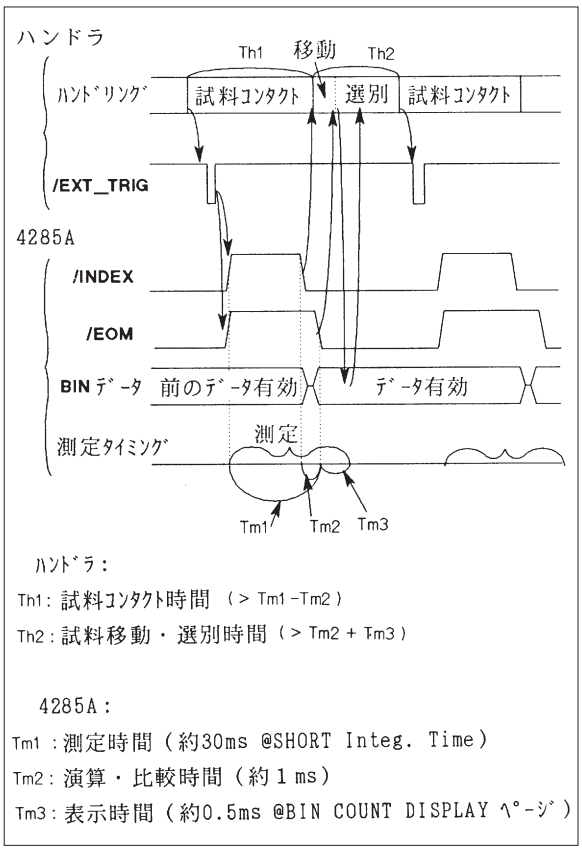
になります。
また、必要であれば、ハンドラの試料コンタクト時のチャタリングによる影響を回避するために、4285A の測定(図 6 中の Tm1)の前にディレイ時間(1 ms ～ 60 s)も設定できます。

6) メモリ・カード

4285A の測定条件、コンパレータのリミット値をはじめとする設定データは、メモリ・カードに記憶することができます。1 度メモリ・カードに記憶しておけば、製造ラインで使用する際に容易に諸設定を呼び出すことができます。

7) 測定・選別の実行

測定・選別実行中は、図 7 に示す BIN COUNT DISPLAY ページでは、各 BIN に選別された個数のカウントを表示することができます。(このページは、図 6 中の表示時間 Tm3 が約 0.5 ms で、他のページより短くなります。)



ﾊﾝﾄﾞﾗ：
Th1：試料ｺﾝﾀｸﾄ時間 （＞ Tm1－Tm2）
Th2：試料移動・選別時間（＞ Tm2 ＋ Tm3）

4285A：
Tm1 ：測定時間（約30ms @SHORT Integ. Time）
Tm2：演算・比較時間（約１ms）
Tm3：表示時間（約0.5ms @BIN COUNT DISPLAY ﾍﾟｰｼﾞ）

図 6　タイミング・チャートの例

```
<BIN COUNT DISPLAY>          SYS MENU
FUNC :   Ls-Q          NOM  : 470.000nH
BIN    LOW[   %  ]     HIGH[   %  ] ▶COUNT
 1   -  2.000         +  2.000            49
 2   -  4.000         +  4.000            23
 3   -  6.000         +  6.000            12
 4   -  8.000         +  8.000             9
 5   - 10.000         + 10.000             6
 6   - 15.000         + 15.000             0
 7   - 20.000         + 20.000             0
 8   - 25.000         + 25.000             0
 9   - 30.000         + 30.000             0
2nd   +  60.0           +  100.0 [       ]
REJ CNT    AUX:  2          OUT:  7
```

図 7　選別結果の表示

8) 高確度Q測定・選別システムの応用

約5 MHz以上の高周波において、約50以上の高いQ値を有する試料を、より高確度で測定し、信頼性の高いQ値による選別を行う場合は、図8に示すような4285Aに42851Aプレシジョンアダプタを併用したシステムをおすすめします。

42851Aの測定端子はバインディング・ポストなので、図9に示すように、延長リードで試料コンタクト部を延長する必要があります。

延長リードと試料コンタクト部の残留インピーダンスと浮遊容量については、オフセットL/C/R機能を用いて、それぞれの値を入力することにより、測定値からこれらを差し引いた値を表示することが出来ます。

しかし42851Aは、試料だけでなく延長リードとコンタクト部を含むすべてを測定しているので、測定確度は延長リードとコンタクト部の分だけ悪化することになります。そこで、なるべく確度の悪化を抑えた測定値を得るには、延長リードの残留L、C、Rが試料の値に比べて十分小さい(およそ10分の1以下)必要があります。

補正は、以下に示す手順を参考にして行なってください。

i) あらかじめ延長リードと試料コンタクト部の残留L、C、Rを測定します。延長リードと試料コンタクト部のみを、テスト・フィクスチャ(16047Dなど)を用いて4285Aに接続し、4285Aのノーマル LCR測定モードで測定します。オフセットL、R値として、試料コンタクトの先を短絡した状態での直列インダクタンス、抵抗値を測定します。オフセットC値として、試料コンタクトの先を開放にした状態での並列容量値を測定します。

ii) 42851Aに延長リードをつなぐ前に、42851A内部の誤差を補正するSHORT補正を行ないます。SHORT補正は42851Aに付属するショート・バーを、バインディングポストのHIGH-LOW端子に接続して実行します。
(42851A使用時は、OPEN補正は不要です。)

iii) 延長リードを接続し、オフセットL／C／Rを設定します。i)の手順で得た延長リードの残留L、C、R値を、それぞれ入力します。

iv) LOAD補正を行なう場合は、試料コンタクト部にワーキング・スタンダードを接続して実行します。

インタフェースのタイミングは、428451A使用時の測定速度(図6中のTm1)が75 ms～1.5 Sとなることを考慮して設計します。

おわりに

本アプリケーション・ノートでは、4285A(および42851A)をハンドラと組み合せたシステムにより、高確度・高速L-Q測定/選別システムを実現し、RFコイルのローコスト化、高品質化に貢献する方法について述べました。このほか、42841Aバイアス・カレント・ソースを加えることにより、試料に10 AまでのDCバイアスを重畳した測定も行えます。

さらに、GPIBによって4285Aを外部コントローラと接続すれば、測定/選別のデータを集録し、統計処理を施して、RFコイルの品質管理や製造工程へのフィードバックに活用することも可能になります。

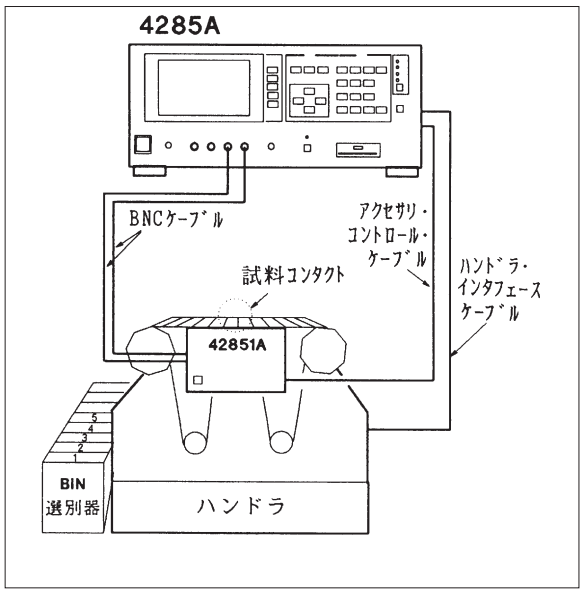


図8　高確度Q測定システムの例

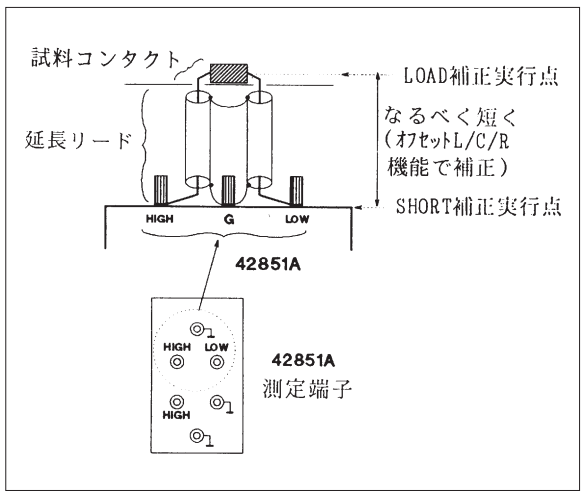


図9　延長リードと試料コンタクト部

【付録 1．オーダリング情報】

高確度・高速L-Q 測定システム(図 1)

■4285A プレシジョンLCR メータ

□オプション 4285A-201 ハンドラ・インタフェース
4285A のコンパレータ判定結果と測定終了信号を外部のハンドラに出力するためのインタフェースです。

■テスト・リード
次のテスト・リードの中から1つを選択してください。

□16048A(測定器接続端子から末端までの長さは約95 cm、BNC コネクタ付き)

□16048D(測定器接続端子から末端までの長さは約189 cm、BNC コネクタ付き)

■部品番号04278-61650ハンドラ・インタフェースケーブル(アンフェノール36ピン、オス・コネクタ)
4285A オプション4285A-201ハンドラ・インタフェースのコネクタとハンドラを接続する約1 mのケーブルです。ケーブル延長の必要がある場合は、次のような部品を用いて自作してください。

□ケーブル(36線)

□アンフェノール36ピン、
オス・コネクタ
(Amphenol 57FE-30360-20N (D8))

□アンフェノール36ピン、
メス・コネクタ
(部品番号1252-2022)

高確度Q 測定システム(図 8)

■4285A プレシジョンLCR メータ

□オプション4285A-201
ハンドラ・インタフェース
(前述「高確度・高速L-Q測定システム」での説明をご参照ください。)

□オプション4285A-002
アクセサリ・コントロール・インタフェース
42851A プレシジョンQ アダプタをコントロールするためのインタフェースです。

■42851A プレシジョンQ アダプタ

■10503A BNC ケーブル(122 cm、オス・コネクタ)：2本
4285A と42851A を接続するためのケーブルです。これ以外のBNC ケーブルでも、長さ2 m以内であれば使用可能です。

■部品番号04278-61650ハンドラ・インタフェースケーブル
(アンフェノール36ピン、オス・コネクタ)
(前述「高確度・高速L-Q測定システム」での説明をご参照ください。)

【付録 2．ハンドラについて】

本アプリケーション・ノートで示したシステム例を構成するには、4285A オプション4285A-201ハンドラ・インタフェースの入出力信号の仕様(詳細は取扱説明書をご参照ください)に適合するハンドラをお求めください。ハンドラの機種、インタフェースなどについては、次に示すようなハンドラ販売会社にお問い合わせください。

□株式会社ヒューモラボラトリー
〒167-0042 東京都杉並区西荻北5-19-11
TEL 03-3395-5311

□株式会社東京ウェルズ
〒143-0021 東京都大田区北馬込2-28-1
TEL 03-3775-4331

アジレント・テクノロジー株式会社
本社 〒192-8510 東京都八王子市高倉町9-1

計 測
お客様窓口

受付時間 9:00～19:00
(12:00～13:00も受付中)
※土・日・祭日を除く

FAX、E-mail、Webは24時間受け付けています。

TEL 0120-421-345
(0426-56-7832)
FAX 0120-421-678
(0426-56-7840)
E-mail:contact_japan@agilent.com

電子計測ホームページ
http://www.agilent.co.jp/find/tm

● 記載事項は変更になる場合があります。
ご発注の際はご確認ください。

Copyright 2003
アジレント・テクノロジー株式会社

Agilent Technologies

January 24, 2003

5091-1596JA
0000-02H